LA VERTICILLIOSE DE LA LUZERNE

Bulletin d'extension,
Station de recherches, Sainte-Foy (Québec)

91-05388/

On peut se procurer des exemplaires de ce bulletin à l'adresse suivante:

Station de recherches
Direction générale de la recherche
Agriculture Canada
2560, boulevard Hochelaga
SAINTE-FOY (Québec)
G1V 2J3

LA VERTICILLIOSE DE LA LUZERNE; COMMENT Y FAIRE FACE

CLAUDE RICHARD, phytopathologiste
RÉAL MICHAUD, phytogénéticien

Station de recherches, Agriculture Canada
SAINTE-FOY (Québec)

Bulletin d'extension. 5

STATION DE RECHERCHES
SAINTE-FOY (QUÉBEC)

Direction générale de la recherche
Agriculture Canada
1990

RÉSUMÉ — ABSTRACT

La verticilliose, la plus grave des maladies de la luzerne en Europe, est apparue en Amérique du Nord en 1976. En 1977, elle se répand dans les luzernières de Colombie Britannique; par la suite, elle envahit le Canada d'ouest en est pour se retrouver au Québec depuis 1986. Dans ce bulletin, on trouvera une carte de distribution de la maladie, une description des symptômes, les façons dont la maladie se répand, ses effets sur le rendement et la persistance. On apprendra comment distinguer la verticilliose des autres maladies qui lui ressemblent, et surtout, comment s'en prémunir ou lutter contre lorsqu'elle est déjà sur place.

In 1976, Verticillium wilt of alfalfa, the most severe disease of this crop in Europe, was found in North America. In 1977, it became established in British Columbia and from there it spread throughout Canada. It is found in Québec since 1986. This bulletin provides information on its distribution in Québec, symptoms, means of spreading, damage and yield loss the disease can cause. It outlines how it can be distinguished from similar diseases and, above all, how it can be controlled.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	4
AGENT PATHOGÈNE	5
Description du *Verticillium albo-atrum*	5
Pénétration dans la plante	5
Conditions favorables à son développement	5
SYMPTÔMES	6
Symptômes caractéristiques	6
Symptômes semblables à ceux de la verticilliose	7
DISSÉMINATION	9
La semence et les débris	9
Le foin	10
Le fumier	10
Le sol	10
Le vent	10
L'eau	11
La machinerie	11
Contacts racinaires entre les plantes	11
Les insectes	11
Les plantes nuisibles	11
Les produits à base de luzerne	11
EFFET SUR LA RÉSISTANCE AU FROID ET SUR LE RENDEMENT	12
PRÉVENTION ET LUTTE	13
Maladie absente	13
— Traitement de semences et réglementation	13
— Transport du foin	13
Maladie présente	14
— Récolte sélective des champs	14
— Rotations	14
— Traitement du foin et du fumier contaminé	14
— Répression des plantes nuisibles porteuses	14
— Lutte biologique	15
— Résistance génétique	15
CONCLUSION	16
TRAVAUX CITÉS	16

INTRODUCTION

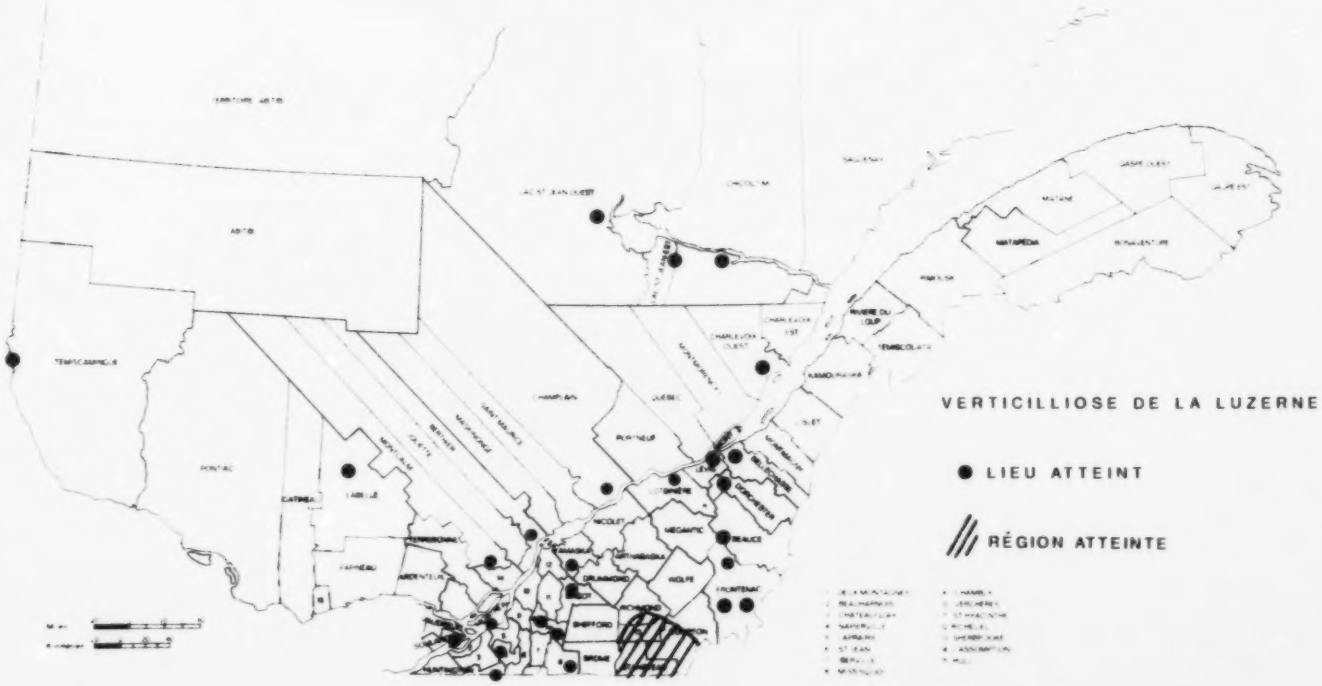
Représentant une source riche et peu coûteuse en protéines végétales, il n'est pas étonnant que les superficies cultivées en luzerne pure ou en mélange à base de luzerne se soient considérablement accrues au Québec au cours des dernières décennies (Belzile et Michaud 1989). Cependant, cette culture importante est maintenant menacée par la verticilliose considérée comme la plus importante maladie de la luzerne en Europe et maintenant en Amérique du Nord.

Cette maladie fut signalée pour la première fois en Amérique du Nord en 1962, à la ferme expérimentale de Normandin (Québec). La verticilliose fut alors éliminée par éradication et ce n'est qu'en 1976 qu'elle réapparut dans le nord-ouest des États-Unis. En 1977, on décelait sa présence en Colombie Britannique. Par la suite, la maladie s'est propagée en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba et en Ontario.

Ce n'est qu'en septembre 1986 que la verticilliose fut véritablement détectée au Québec (Nicholls *et al.* 1987). Elle fut observée tout d'abord à Lennoxville et à Sainte-Anne-de-Bellevue, puis dans les comtés de Compton et de Stanstead. Par la suite, on l'observa à Sainte-Marguerite, dans la région de la Richelieu, à La Durantaye et à Hébertville (figure 1). En 1987, la verticilliose s'est répandue dans 15 comtés, y compris des endroits éloignés du foyer d'infection comme le Témiscamingue, le Lac-Saint-Jean et le comté de Labelle ; mais c'est toujours dans les Cantons de l'Est qu'elle est la plus présente.

Malgré certaines précautions prises antérieurement, la verticilliose s'est introduite au Québec et son éradication est maintenant improbable. Il reste cependant à utiliser certains moyens pour limiter ses effets afin que la luzerne puisse demeurer une production rentable.

1.
Localisation des luzernières atteintes par la verticilliose selon les relevés annuels de 1986 à 1989



AGENT PATHOGÈNE

La verticilliose de la luzerne est causée principalement par un champignon microscopique, le *Verticillium albo-atrum*. Un autre champignon, le *Verticillium dahliæ*, peut être isolé occasionnellement dans les luzernières. Cependant, il est beaucoup moins pathogène que le *V. albo-atrum*. C'est ce dernier qui fait l'objet du présent bulletin.

DESCRIPTION DU *VERTICILLIUM ALBO-ATRUM*

Les cellules végétatives du champignon sont cloisonnées et ont des parois minces, hyalines ou légèrement colorées. Ces filaments produisent des fructifications multicellulaires dont la base (conidiophores) peut être pigmentée. Chaque conidiophore porte deux ou trois verticilles composés chacun d'une à cinq branches. Au bout de ces branches seront produites les structures de reproduction asexuée, les conidies (spores asexuées). Ce sont ces spores qui, tout comme les graines pour les plantes, assurent la dissémination du champignon. Le *V. albo-atrum* produit un mycélium de conservation cloisonné, brun foncé, et dont les parois sont épaissies. Ceci le distingue du *V. dahliæ* (tableau 1).

PÉNÉTRATION DANS LA PLANTE

Le *V. albo-atrum* peut s'introduire dans la plante en traversant directement l'épiderme des racines. Les blessures des tiges, produites lors de la fauche, constituent aussi des sites de pénétration. C'est possiblement le moyen de contamination le plus favorable (Richard et Perron 1987). L'invasion du champignon dans les tiges débute par les trachéides et éléments de vaisseaux du xylème. Le transport de la sève et de ses nutriments est alors bloqué. L'invasion continue jusqu'au cortex dans lequel le mycélium de conservation se forme à la mort des tiges.

CONDITIONS FAVORABLES À SON DÉVELOPPEMENT

La distribution de la maladie dans le monde nous indique que le *V. albo-atrum* est un champignon de climat frais. En effet, la verticilliose de la luzerne est plus importante dans les pays situés approximativement au nord de la latitude 45° N, là où le développement de la maladie est grandement favorisé par des températures voisines de 18 °C et un taux d'humidité de 80 à 90 %. Le Québec agricole étant situé entre le 46° et le 49° de latitude Nord, il n'est pas surprenant que la maladie s'y soit implantée.

TABLEAU 1
Distinction entre le *Verticillium albo-atrum* et le *V. dahliæ*

Organe	Caractéristiques	
	V. albo-atrum	*V. dahliæ*
Conidiophores	Épais; cellules basales pigmentées	Petits; sans pigmentation
Conidies (spores)	Grosses	Petites
Structure de conservation	Hyphes brun foncé à parois épaisses	Microsclérotes foncés

Tiré de Atkinson *et al.* (1983)

SYMPTÔMES

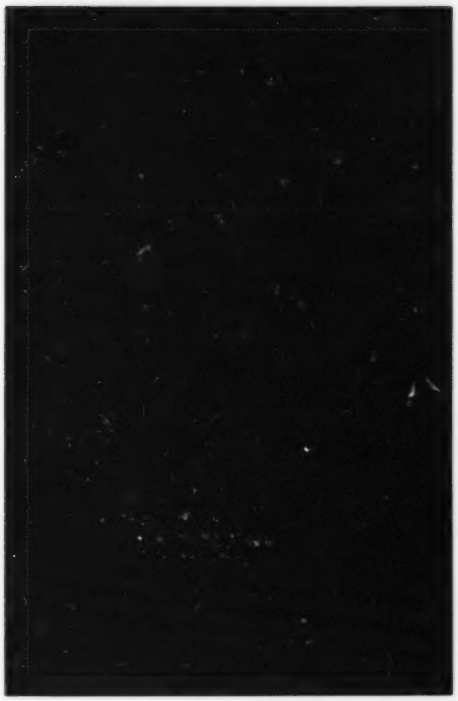
SYMPTÔMES CARACTÉRISTIQUES

C'est généralement durant la période de juillet à octobre que les symptômes de la verticilliose sont observables, et ce, particulièrement dans les luzernières de 2 ans et plus (figure 2). Les symptômes sont plus faciles à reconnaître sur les regains, surtout lorsqu'ils atteignent 20 à 25 cm de hauteur. Dans un peuplement trop mûr, la verticilliose peut être confondue avec d'autres symptômes qui sont causés par des facteurs bioclimatiques, surtout à l'automne.

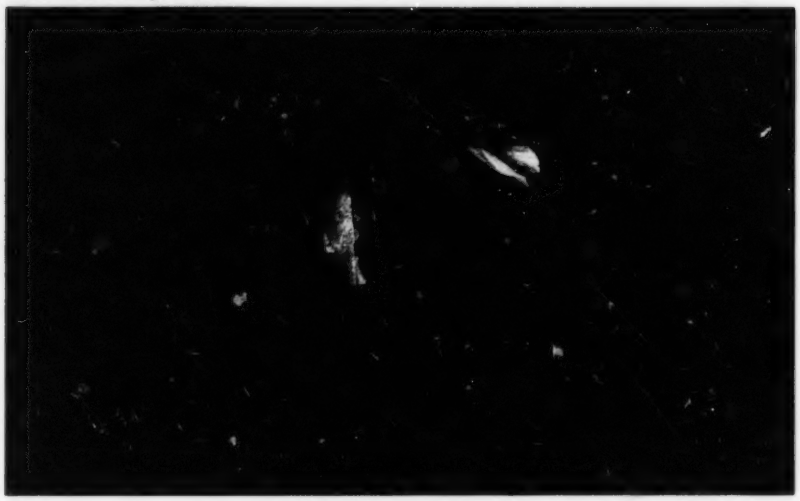
Les premiers symptômes de la maladie s'observent durant les journées chaudes. En effet, les feuilles supérieures des plantes touchées flétrissent par manque d'eau. Par la suite, c'est le restant des feuilles qui flétrissent. De tels symptômes ont cependant rarement été observés au Québec, quoique à un stade avancé de la maladie, l'extrémité des tiges de luzerne flétrit.

Au début, sous l'effet des toxines produites par le champignon, les jeunes folioles (partie d'une feuille) d'une ou plusieurs tiges présentent des plaques blanchâtres (figure 3). Les folioles atteintes peuvent aussi montrer un V jaunâtre à leur extrémité (figure 4) ou des nervures jaunes. Comme le transport de la sève brute est aussi affecté, il peut y avoir apparition de symptômes de carences minérales. Les folioles et même des feuilles entières deviennent ensuite chlorosées et rosées (figure 5). Finalement, les folioles atteintes s'enroulent, se dessèchent et restent pendantes (figure 6).

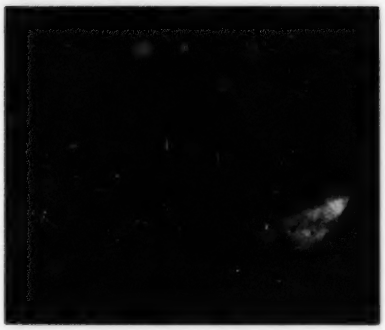
2.
Plante entièrement atteinte par la verticilliose



3.
Blanchiment des folioles



4.
V jaune sur foliole



Symptômes caractéristiques

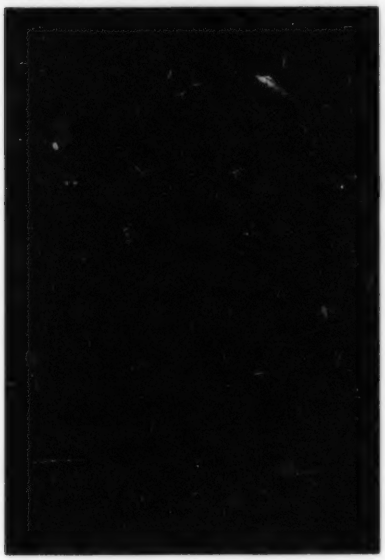
- flétrissement des feuilles et du bout des tiges
- plaques blanchâtres sur les folioles
- V jaunâtre à l'extrémité des folioles
- colorations automnales du feuillage
- enroulement et dessèchement des feuilles
- tiges droites et vertes
- coloration brune à la surface de l'aubier (racine)

Au niveau des racines, les symptômes typiques sont internes. Par une coupe transversale de la racine, on peut observer une coloration brune en forme d'anneau (figure 7). Si on décortique la racine, cette coloration apparaît à la surface de l'aubier (partie de la racine exposée en enlevant l'écorce) (figure 8). Ce brunissement est produit par la déposition de composes semblables à la mélanine sur les parois des vaisseaux du bois colonisés par le champignon (Pegg 1981). Cependant, cette coloration est visible à des intensités variables et est même parfois absente chez les plantes infectées.

Les mêmes symptômes se développent ensuite aux feuilles de plusieurs ou même de toutes les tiges des plantes malades. Les tiges, quant à elles, demeurent vertes jusqu'à ce que toutes les feuilles soient mortes. Cependant, il arrive parfois d'observer une coloration grise à la base des tiges. Ceci résulte de la fructification du champignon en surface de l'épiderme. Par la suite, à la mort des tiges, le mycélium de conservation produit un noircissement à la base de celles-ci.

5.
Coloration multiple des feuilles

6.
Enroulement et dessèchement des feuilles



SYMPTÔMES SEMBLABLES À CEUX DE LA VERTICILLIOSE

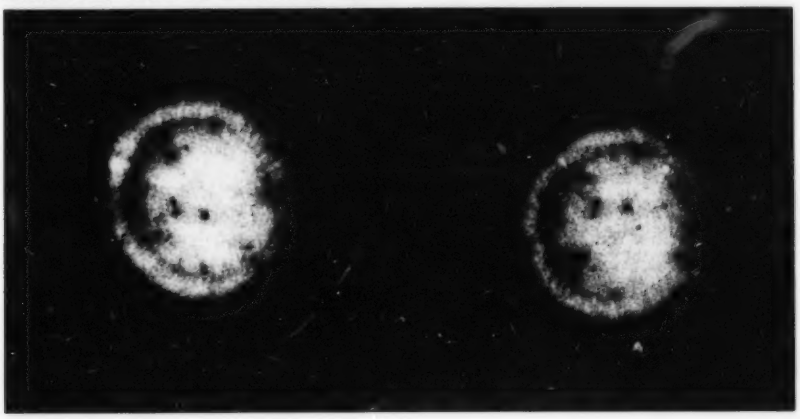
Les symptômes dus à une **sécheresse hâtive** ou **l'asphyxie racinaire** (figure 9) provoquée par un excès d'eau peuvent être confondus avec ceux de la verticilliose. Dans ce cas, par contre, toute la plante se flétrit, y compris les tiges.

Le **gel** peut aussi provoquer des symptômes semblables à la verticilliose. Cependant, les dégâts s'observent plus soudainement. Les feuilles flétrissent mais restent vertes une ou deux journées avant de sécher. Les tiges sont repliées à leur extrémité. Un gel léger ne touchera que les jeunes feuilles contrairement à la verticilliose qui finit par atteindre les vieilles feuilles.

Une **carence en bore** provoque un jaunissement des jeunes feuilles et un rabougrissement des plantes. Les feuilles ne flétrissent pas, ne se replient pas et ne s'enroulent pas comme dans le cas de la verticilliose, et seules les feuilles de la partie supérieure de la plante présentent un jaunissement. Les symptômes de carence en bore sont plus évidents au moment d'une sécheresse.

Le **flétrissement bactérien** causé par le *Corynebacterium insidiosium* produit des symptômes semblables au flétrissement verticillien. Des feuilles plus petites et enroulées vers le haut et un rabougrissement général de la plante en sont les principaux symptômes. Les cultivars recommandés pour le Québec sont résistants et cette maladie n'a pas été observée dans la province depuis longtemps.

7.
Anneau brun visible sur la section de racine



8.
Coloration brune de la surface de l'aubier

9.
Symptômes d'asphyxie racinaire

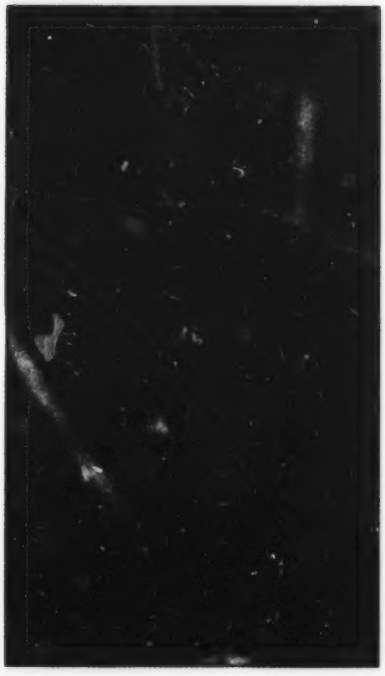
10.
Coloration jaune due au Phytophthora

D'autres maladies fongiques peuvent être confondues avec la verticilliose. La **pourriture phytophthoréenne** (figure 10) causée par le *Phytophthora megasperma* produit une coloration jaune brunâtre au point d'attache des radicelles. Cette coloration pénètre l'intérieur du cortex de la racine jusque dans le xylème. Par la suite, de grandes plages de tissus bruns ou noirs s'observent en surface. La racine principale est souvent courte et terminée par une pointe brun foncé ou noire.

Plusieurs espèces de *Fusarium* sont associées au **pourridié fusarien.** Cette maladie provoque parfois des symptômes aériens semblables à la verticilliose sur une ou deux tiges de quelques plantes sporadiques. Cependant, la partie ligneuse de la racine présente des stries brunes. La racine et surtout le collet sont pourris et les tiges flétries se détachent facilement. Les tiges ainsi détachées présentent une partie brune à leur point d'attache.

La **sclérotiniose** (*Sclerotinia trifoliorum*) peut aussi ressembler à la verticilliose. Cependant, on peut observer du mycélium à la base des plantes sous une forme blanche duveteuse. De plus, à maturité, ce mycélium se transforme en sclérotes noirs (propagules de conservation caractéristiques des *Sclerotinia*) que l'on retrouve à la base des tiges (figure 11).

11.
Sclérote en formation à la base d'une tige d'une plante atteinte de sclérotiniose



DISSÉMINATION

LA SEMENCE ET LES DÉBRIS

Selon certains auteurs, la source première d'inoculum est la semence elle-même (Peaden *et al.* 1985). Le champignon est présent sporadiquement dans les pédoncules, pédicelles, gousses et morceaux de tiges (Huang *et al.* 1985); ces débris contaminés constituent donc une source d'inoculum importante au moment du semis si la semence n'est pas traitée convenablement (voir plus loin Traitement de semences et réglementation). Des études ont aussi montré que des graines pouvaient être contaminées de façon interne. En effet, la présence du champignon a été décelée dans les tissus vasculaires et dans les téguments de la graine de luzerne.

En plus d'être une source d'inoculum, les semences de luzerne et les débris introduits contribuent à disséminer le *V. albo-atrum* sur de longues distances. On croit que la verticilliose fut introduite en Amérique à partir de semences européennes contaminées (Howard 1985). Ces travaux montraient la même virulence entre les isolats de *V. albo-atrum* de l'Amérique du Nord et ceux de l'Europe.

Sources d'inoculum et modes de dissémination

LA SEMENCE ET LES DÉBRIS
- semence contaminée en surface et à l'intérieur
- débris contaminés: fragments de tiges
  pédoncules
  pédicelles
  gousses

LE FOIN
- en provenance de luzernières infectées
- épandu dans les champs avec le fumier

LE SOL
- transporté par bottes, machinerie ou autre équipement

LA MACHINERIE
- favorise le transport de l'inoculum et la pénétration du champignon dans les tiges

LES INSECTES
- insectes: spores sur le corps et dans les excréments

LES PLANTES NUISIBLES
- hôtes secondaires du *V. albo-atrum*
- dissémination par leurs débris et leurs semences

LES PRODUITS À BASE DE LUZERNE
- cubes de luzerne déshydratée

CONTACTS RACINAIRES ENTRE LES PLANTES
- croissance limitée du champignon dans le sol
- dispersion entre plantes contiguës

LE VENT
- dispersion limitée: sensibilité des spores à la chaleur et à la sécheresse

L'EAU
- eau d'irrigation
- eau de ruissellement

LE FUMIER
- épandu sur les luzernières
- contaminé par le foin infecté
- provenant d'animaux nourris au foin infecté

TABLEAU 2

Présence du *Verticillium albo-atrum* dans les fèces de moutons nourris avec du foin de luzerne contaminé par la verticilliose

Jour	Nourriture	Propagules de *V. albo-atrum* (nombre/g)
1	Grains d'orge	0
2	Foin de luzerne contaminé	0
3	" " " "	0
4	Grains d'orge	283
5	" "	54
6	" "	0
7	" "	0

Adapté de Huang *et al.* (1986)

TABLEAU 3

Survie (+ ou −) du *Verticillium albo-atrum* dans des tiges de luzerne enfouies dans un sol stérile (st) et non stérile (nst) incubé à des températures de −5 à 35 °C durant 6 à 36 mois

		Période d'incubation (mois)						
Température (°C)	Sol	6	7	8	9	18	24	36
−5	st	+	+	+	+	+	+	+
	nst	+	+	+	+	+	+	+
5	st	+	+	+	+	+	+	+
	nst	+	+	+	+	+	+	+
15	st	+	+	+	+	+	−	−
	nst	+	+	+	−	−	−	−
25	st	+	+	+	−	−	−	−
	nst	+	+	+	−	−	−	−
30	st	+	+	−	−	−	−	−
	nst	+	+	−	−	−	−	−
35	st	+	−	−	−	−	−	−
	nst	+	−	−	−	−	−	−

+ = survie
− = mort

Tiré de Basu (1987)

LE FOIN

Le transport du foin contaminé peut disperser la maladie sur de longues distances. L'agent pathogène dans les tiges de luzerne peut tolérer des températures variant entre −5 et 35 °C (Basu 1987). Le transport n'affecte donc pas la viabilité du *V. albo-atrum* sous nos conditions. Le foin contaminé peut ainsi se retrouver dans les litières, être épandu avec le fumier et infecter les luzernières.

LE FUMIER

Le fait que le fumier lui-même pouvait être contaminé a été démontré (Huang *et al.* 1986). Les excréments des moutons nourris avec du foin de luzerne contaminé contenaient des propagules du champignon (tableau 2). De plus, le passage dans le système digestif des ruminants n'affecte pas le pouvoir pathogène du *V. albo-atrum*. Ce fumier contaminé peut ainsi répandre la maladie au champ.

LE SOL

Le sol constitue aussi une source d'infection car le mycélium de conservation peut y rester viable durant plusieurs mois. La persistance du champignon pathogène peut diminuer dans un sol très humide (Keinath et Millar 1986). Cependant, sa viabilité et son pouvoir pathogène persistent longtemps aux basses températures du sol (tableau 3). Trois ans après enfouissement à des températures inférieures à 5 °C, l'inoculum est toujours viable. De même, un enfouissement profond favorisera sa survie car les variations de température et d'humidité sont moins grandes. Le sol sert aussi de moyen de dispersion du *V. albo-atrum*. Le sol contaminé peut être transporté par les bottes, la machinerie ou tout autre équipement utilisé dans la luzernière.

LE VENT

Des spores du champignon ont déjà été détectées au-dessus de champs de luzerne malades (Lindemann *et al.* 1982). Ces spores peuvent être véhiculés par le vent sur de longues distances. La dispersion par le vent sur de grandes distances semble cependant mineure parce que la viabilité des spores serait compromise à cause de leur sensibilité à la chaleur et à la sécheresse (Schnathorst 1981).

L'EAU

Le ruissellement de l'eau de pluie peut contribuer à la dispersion des spores sur de petites distances. L'eau d'irrigation permet également la dispersion des spores. Au Québec cependant, l'irrigation n'est pas pratiquée dans les luzernières.

LA MACHINERIE

Les travaux effectués dans les luzernières à l'aide de machinerie semblent être l'un des facteurs les plus importants de dissémination (Howard 1985). Les spores formées à la base des tiges, les fragments de tiges et de sol infectés sont alors distribués dans ou entre les champs. Des champs touchés en bandes larges et parallèles aux déplacements peuvent indiquer une dissémination par la machinerie. Il peut en être ainsi dans les parties les plus passantes du champ (Atkinson *et al.* 1983).

CONTACTS RACINAIRES ENTRE LES PLANTES

Le *V. albo-atrum* peut se propager d'une plante de luzerne à l'autre par contact direct entre les racines. Le champignon peut également émerger des racines affectées et atteindre les racines voisines. Comme sa croissance dans le sol est peu fréquente et limitée à 5 mm, la dispersion se fera entre racines contiguës (Keinath et Millar 1986).

LES INSECTES

Les insectes, nuisibles comme bénéfiques, jouent un rôle important dans la dissémination de la verticilliose car ils peuvent porter les spores du *V. albo-atrum* (Harper et Huang 1984). Ce sont cependant les insectes nuisibles (suceurs, piqueurs et broyeurs) qui servent de vecteurs directs du champignon. Par les blessures qu'ils produisent aux plantes, ils favorisent la pénétration du champignon dans les éléments vasculaires. En plus de porter l'agent pathogène sur leur corps, ces insectes peuvent le disséminer par leurs excréments. Le champignon survivrait au passage dans le système digestif des insectes observés (Huang et Harper 1985). D'autre part, les conidies portées par les insectes bénéfiques infecteront la plante via les blessures occasionnées par les insectes nuisibles. Il n'est pas recommandé de réprimer les insectes pour éliminer les vecteurs du *V. albo-atrum* car cela risquerait de nuire aux insectes bénéfiques.

LES PLANTES NUISIBLES

Plusieurs plantes cultivées et plantes nuisibles (mauvaises herbes) peuvent servir d'hôte secondaire au *V. albo-atrum* de la luzerne. Si ces plantes sont cultivées dans un champ auparavant contaminé, leurs débris et semences pourront disséminer l'agent pathogène tout comme ceux de la luzerne. Au tableau 4, on retrouve les principales plantes nuisibles qui peuvent servir d'hôte secondaire au champignon.

LES PRODUITS À BASE DE LUZERNE

Les cubes de luzerne déshydratée pourraient aussi être un mode de dissémination de la verticilliose. On a démontré que le champignon pouvait résister au processus de déshydratation (Howard 1985).

TABLEAU 4

Plantes nuisibles communément trouvées dans les luzernières de différentes régions du Québec et pouvant servir d'hôtes secondaires au *Verticillium albo-atrum*

Amarante (*Amaranthus* sp.)
Bourse à pasteur (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.)
Chou gras (*Chenopodium album* L.)
Marguerite (*Chrysanthemum leucanthemum* L.)
Mauve (*Malva* sp.)
Plantain lancéolé (*Plantago lanceolata* L.)
Renouée persicaire (*Polygonum persicaria* L.)
Rumex crépu (*Rumex crispus* L.)

Adapté de Gagné et Richard (1982)

EFFET SUR LA RÉSISTANCE AU FROID ET SUR LE RENDEMENT

Lorsqu'une luzernière est atteinte par la verticilliose, les plantes malades deviennent carencées, flétrissent et perdent beaucoup de feuilles. Ces plantes, en plus de ne donner qu'une partie de leur potentiel de rendement, résistent moins bien au froid et plusieurs ne survivent pas à l'hiver suivant. Il en résulte donc une mortalité plus grande et conséquemment un rendement de la luzernière encore plus faible.

En laboratoire, on a inoculé la maladie à des plantes d'un cultivar sensible et on a comparé leur résistance au gel avec celle de plantes saines (Richard et Michaud 1988). Entre la température de mortalité des plantes malades et celle des plantes saines, il y avait une différence de 5,8 °C en faveur des plantes saines (tableau 5). Cette différence ne fut cependant que de 1,1 °C lorsque l'expérience fut effectuée avec une luzerne résistante. Ceci indique clairement que les plantes atteintes de verticilliose sont moins capables de s'endurcir au froid et conséquemment sont plus sujettes au dommage létal du gel.

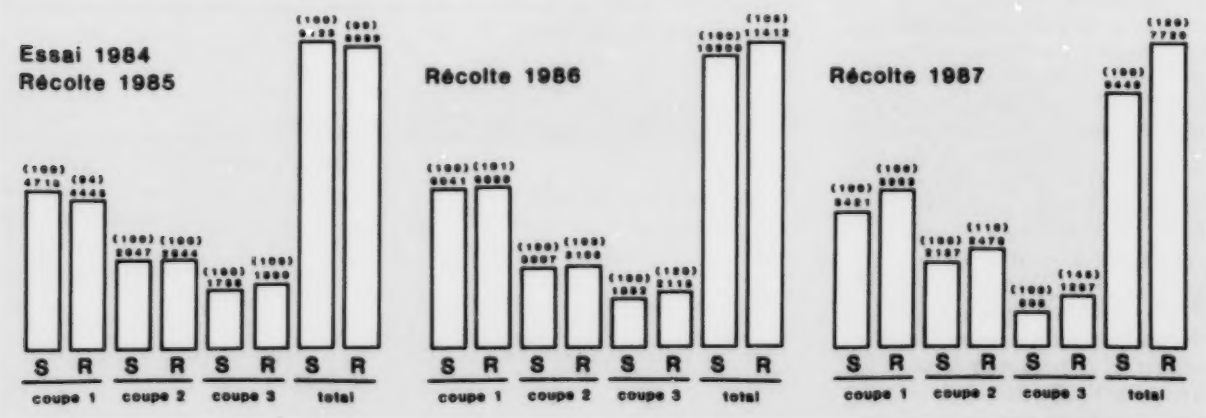
Une croissance réduite des plantes malades combinée à une survie à l'hiver plus faible sont susceptibles de se répercuter sur le rendement des luzernières atteintes. Dans une expérience en parcelles semées en 1984 (Richard et Michaud 1988), on a comparé, en 1985, en 1986 (année d'apparition de la maladie) et en 1987, le rendement d'un groupe de sept cultivars résistants à un groupe de neuf cultivars sensibles (figure 12). En l'absence de verticilliose (1985), les rendements des deux groupes furent pratiquement les mêmes, soit 99 % pour les résistants et 100 % pour les sensibles. En 1986, le rendement des cultivars résistants était en moyenne de 5 % plus élevé, et en 1987, de 20 %. La plus forte différence de rendement a été observée à la troisième coupe de la récolte de 1987; les cultivars résistants ont produit 45 % plus que les cultivars sensibles. La verticilliose peut donc diminuer le rendement des luzernières de façon très marquée. Si la luzernière est gardée, cette tendance ira vraisemblablement en s'accentuant. En plus de la baisse de rendement, le fourrage subira une diminution de la qualité (Raynal *et al.* 1989).

TABLEAU 5
Effet de la verticilliose sur la température de survie de la luzerne

	Température de mortalité (TL_{50}) (°C)		
Luzerne	Inoculé	Non inoculé	Différence
Sensible	−3,2	−9,0	5,8
Résistante	−7,3	−8,4	1,1

Richard et Michaud (1988)

12.
Rendement de cultivars sensibles et résistants à la verticilliose à Lennoxville en 1985, 1986 et 1987. Richard et Michaud 1988



PRÉVENTION ET LUTTE

MALADIE ABSENTE

Traitement de semences et réglementation

L'utilisation de semences exemptes de verticilliose ou de semences traitées avec du thirame (fongicide) constitue la première mesure pour éviter la contamination de nouvelles régions. Depuis 1979, toutes les semences vendues au Canada devaient être traitées avec le fongicide, peu importe leur provenance. Récemment, ce règlement fut remplacé par une nouvelle réglementation mise en vigueur depuis le 1er janvier 1987. En effet, les semences provenant des pays étrangers doivent désormais porter un certificat phytosanitaire. Celui-ci assure que les semences sont exemptes du champignon, ou qu'elles proviennent d'un endroit indemne, ou qu'elles sont traitées avec le thirame. Les semences provenant du Canada peuvent être vendues non traitées si elles sont réputées exemptes du *V. albo-atrum*.

Un fongicide homologué, le thirame, est utilisé à raison de 250 grammes de matière active par 100 kg de semences. Il n'enraye pas la maladie dans un champ déjà contaminé, mais prévient son introduction dans les régions exemptes. Il élimine l'agent pathogène de la surface de la semence et des débris introduits avec celle-ci. Le champignon, présent quelques fois dans les téguments ou à l'intérieur des semences, n'est pas affecté par le thirame. Cependant, il n'a pas encore été démontré que la contamination interne des semences comptait pour beaucoup dans la dissémination du *V. albo-atrum* (Peaden *et al.* 1985). À noter que le thirame n'affecte pas l'efficacité des rhizobiums.

Transport du foin

Les expéditions de foin venant des régions touchées des États-Unis et du Canada sont contrôlées par des normes de quarantaine (Atkinson *et al.* 1983). Les régions atteintes ne peuvent expédier leur foin qu'à d'autres régions déclarées contaminées à moins que celui-ci ne soit certifié exempt de verticilliose par Agriculture Canada. Il est tout de même recommandé d'éviter d'acheter du foin provenant de régions atteintes.

Prévention et lutte

MALADIE ABSENTE

- *Traitement de semences*
  Thirame — 250 grammes de m.a. par 100 kg de semences
  — traitement de surface
- *Transport du foin*
  Contrôlé par des normes de quarantaine

MALADIE PRÉSENTE

- *Récolte sélective des champs*
  Faucher et récolter en premier les champs sains et les plus jeunes
  Nettoyer la machinerie et l'équipement
- *Rotations*
  Au moins 3 ans avec des graminées fourragères ou des céréales
  Éliminer les repousses de luzerne et les plantes nuisibles
- *Traitement du foin et du fumier contaminés*
  Ensilage du foin de luzerne
  Compostage du fumier durant un minimum de 2 semaines
- *Répression des plantes nuisibles porteuses*
  Répression dans et autour des luzernières
  Répression durant les rotations
- *Résistance génétique*
  Cultivars résistants : meilleur moyen de lutte

Récolte sélective des champs

On recommande de faucher et de récolter en premier les champs sains et les plus jeunes car la maladie apparaît surtout dans les champs de 2 ans et plus (Richard et Letendre 1987). Il est peu pratique de nettoyer la machinerie entre les passages d'un champ à l'autre. Cependant, après le passage dans un champ contaminé ou que l'on soupçonne de l'être, il est quand même recommandé de nettoyer la machinerie et tout équipement susceptible de transporter des débris ou du sol contaminé. Pour ce faire, on peut utiliser un système d'arrosage sous pression avec une solution désinfectante de formol à 2 %, ou de lysol à 5 %, ou une solution javelisante à 10 %. De plus, il faut être prudent lors de l'emprunt de la machinerie d'un voisin dont les luzernières pourraient être contaminées.

TABLEAU 6

Récupération du *Verticillium albo-atrum* des tiges de luzerne contaminées, après 6 mois d'enfouissement dans le sol (mai à septembre)

Station	Isolement du *V. albo-atrum* (%)	
	Tiges à 15 cm de profondeur	Tiges en surface
1	8,8	0
2	3,6	0
3	20,6	0
4	8,2	0

Adapté de Keinath et Millar (1986)

Rotations

Le mycélium du *V. albo-atrum* peut survivre 9 mois dans les tiges de luzerne enfouies à 30 cm de profondeur dans le sol (Atkinson *et al.* 1983). Sans plante-hôte, le champignon devrait être détruit au bout de 2 ou 3 ans. Une rotation d'au moins 3 ans avec des céréales ou des graminées fourragères peut éliminer la maladie. On évitera les cultures qui peuvent servir d'hôte à la souche de *Verticillium albo-atrum* qui attaque la luzerne : soja, sainfoin, trèfle rouge, trèfle blanc, lotier, mélilot, haricot et pois. Durant ce temps, il faut éliminer, par désherbage chimique ou éradication, les repousses de luzerne près du champ ou toutes autres plantes sensibles.

La rotation avec des cultures non vivaces est indiquée puisqu'elle permet de faire des labours annuels. Ainsi, des débris contaminés peuvent être ramenés en surface à chaque année, ce qui contribue à détruire plus rapidement le champignon (tableau 6).

Traitement du foin et du fumier contaminés

Certaines interventions permettent de limiter la propagation de la maladie par le foin et le fumier contaminés. L'ensilage pourrait détruire le *V. albo-atrum* présent dans le foin de luzerne destiné aux animaux (Atkinson *et al.* 1983). Cependant, on ne connaît pas encore les effets de la verticilliose sur la qualité de l'ensilage de luzerne.

Des débris de foin infesté peuvent être mélangés au fumier et le contaminer. D'autre part, le fumier peut être directement contaminé suite à l'ingestion de foin par les animaux. Ce fumier ne devrait pas être épandu dans les luzernières, ni sur les graminées en rotation, sauf s'il a composté durant au moins 2 semaines. De plus, les 10 premiers centimètres du compost devront être compostés à nouveau ou mélangés régulièrement durant le compostage car le *V. albo-atrum* peut demeurer viable en surface (tableau 7).

Répression des plantes nuisibles porteuses

Les plantes nuisibles, susceptibles d'héberger le *V. albo-atrum*, favorisent la persistance de la maladie dans la luzernière et sa dispersion dans les champs voisins. On recommande d'éliminer les

TABLEAU 7

Pourcentage de *Verticillium albo-atrum* viable récupéré à partir de segments de tiges enfouis dans du fumier de bovin entreposé à l'extérieur

Durée d'enfouissement (semaines)	Profondeurs d'enfouissement (cm)			
	1-3	10	30	60
1	84	4	0	0
2	95	0	0	0
3	89	0	0	0
4	93	0	0	0

Adapté de Huang *et al.* (1986)

plantes nuisibles dans et autour de la luzernière. On doit faire la même chose durant les rotations pour éviter la persistance du champignon dans le champ.

Lutte biologique

L'utilisation d'agents biologiques constitue une méthode de lutte potentielle contre le *V. albo-atrum*. Millar et ses associés (1984) ont inoculé des tiges de luzerne avec un autre champignon, le *Gliocladium roseum*. L'incidence de la verticilliose fut réduite de quatre à cinq fois. Le *G. roseum* fut aussi efficace que le thirame et deux à trois fois plus efficace que les fongicides bénomyle, chlorothalonile et manèbe. Ces expériences de laboratoire ne sont pas applicables directement au champ, mais démontrent qu'il est possible de développer des méthodes de lutte alternatives aux méthodes conventionnelles.

Résistance génétique

L'utilisation de cultivars de luzerne résistants est le meilleur moyen de lutte à utiliser contre la verticilliose (Richard et Perron 1987). Des recherches aux États-Unis ont montré que des cultivars résistants produisaient 32 % plus de rendement que les cultivars sensibles dans la 3e année de production (Viands *et al.* 1988). Plus récemment, en Ontario, on a observé dans un essai en parcelles que le témoin sensible avait un rendement inférieur de 22 % par rapport à la moyenne de l'essai comprenant une majorité de cultivars résistants (Papadopoulos *et al.* 1989). Au Québec, comme nous l'avons vu plus haut, on estime que les cultivars résistants donnent un rendement supérieur de 20 % dans des conditions épidémiques (Richard et Michaud 1988).

La sélection génétique a produit des cultivars possédant un niveau de résistance intéressant et fort bien adaptés aux conditions nord-américaines. Ils possèdent un bon potentiel de rendement et de résistance aux hivers québécois. À chaque année, de nouveaux noms s'ajoutent à la liste des cultivars recommandés pour le Québec.

L'étude de la génétique de la résistance chez la luzerne peut s'avérer longue et compliquée. En effet, la luzerne est une espèce autotétraploïde et l'évaluation en champ de la résistance se fait sur plusieurs années car la verticilliose apparaît généralement à la deuxième ou troisième année de production.

La méthode de sélection utilisée au Québec et ailleurs consiste à inoculer des plantules de luzerne avec le *V. albo-atrum* et à les transplanter au champ au printemps dans une région déjà contaminée par la verticilliose. Les plantes les plus résistantes et les plus vigoureuses sont sélectionnées à l'automne de la même année et intercroisées pour produire de la semence. Des cycles successifs de sélection peuvent être produits jusqu'à ce que le degré voulu de résistance soit atteint. Une population qui contient plus de 50 % de plantes résistantes est considérée comme hautement résistante. À la station de recherches d'Agriculture Canada à Sainte-Foy, cette méthode a donné des lignées expérimentales prometteuses actuellement en évaluation au champ.

CONCLUSION

La verticilliose de la luzerne est maintenant établie et continue de se disperser au Québec. La littérature publiée ces dernières années nous a démontré la grande persistance et la facilité de dispersion du *V. albo-atrum*. Ceci rend donc improbable l'élimination de cette maladie. Cependant, à la lumière de certains travaux, il semble possible de limiter sa dispersion. Avec les avertissements phytosanitaires et les autres publications, les producteurs possèdent de bons outils d'information pour faire face à la verticilliose et prévenir son expansion. La réglementation actuelle concernant le traitement des semences de luzerne constitue aussi un atout à la prévention.

Avec la venue des cultivars résistants, on pourra continuer de produire de la luzerne dans les régions infestées par la verticilliose. Les recherches se poursuivent au Québec afin de développer des cultivars bien adaptés et encore plus résistants que ceux recommandés. De telles recherches sont nécessaires car la résistance génétique de la luzerne constitue, pour le moment, la plus efficace, la plus économique et la plus permanente des méthodes de lutte contre la verticilliose.

TRAVAUX CITÉS

ATKINSON, T.G., HANNA, M.R., HARVEY, A.M., HOWARD, R.J., HUANG, H.C., MISKA, J.P., SHEPPARD, J.W. et YORSTON, J.M. 1982. La verticilliose de la luzerne. Direction de la recherche, Agriculture Canada, contribution 1982-8F. 33 pp.

BASU, P.K. 1987. Longevity of *Verticillium albo-atrum* within alfalfa stems buried in soil or maintened without soil at various temperatures. Can. Plant Dis. Surv. 67: 15-16.

BELZILE, L. et MICHAUD, R. 1989. Importance des plantes fourragères. Pages 30-41 *dans* Plantes fourragères. Culture. *Éditeurs*: Belzile, L., Crochetière, F., Michaud, R., Perron, M., Richard, C. et Savoie, P. Conseil des productions végétales du Québec, Québec.

GAGNÉ, S. et RICHARD, C. 1982. La verticilliose de la luzerne en Amérique du Nord. Can. J. Plant Pathol. 4: 47-53.

HARPER, A.M. et HUANG, H.C. 1984. Contamination of insects by the plant pathogen *Verticillium albo-atrum* in an alfalfa field. Environ. Entomol. 13: 117-120.

HOWARD, R.J. 1985. Local and long-distance spread of *Verticillium* species causing wilt of alfalfa. Can. J. Plant Pathol. 7: 199-202.

HUANG, H.C. et HARPER, A.M. 1985. Survival of *Verticillium albo-atrum* from alfalfa in feces of leaf-chewing insects. Phytopathology 75: 206-208.

HUANG, H.C., HANNA, M.R. et KOKKO, E.G. 1985. Mechanisms of seed contamination by *Verticillium albo-atrum* in alfalfa. Phytopathology 75: 482-488.

HUANG, H.C., HIRONAKA, R. et HOWARD, R.J. 1986. Survival of *Verticillium albo-atrum* in alfalfa tissue buried in manure or fed to sheep. Plant Dis. 70: 218-221.

KEINATH, A.P. et MILLAR, R.L. 1986. Persistance of an alfalfa strain of *Verticillium albo-atrum* in soil. Phytopathology 76: 576-581.

LINDEMANN, J., ARNY, D.C. et DELWICHE, P.A. 1982. Detection of *Verticillium albo-atrum* in the air over infected alfalfa fields in Wisconsin. Phytopathology 72: 1382 (Résumé).

MILLAR, R.L., KALB, D.W. et KEINATH, A.P. 1984. Potential for biological and chemical control of Verticillium wilt of alfalfa. Page 16 *dans* Report of the twenty-ninth Alfalfa Improvement Conference. Lethbridge, Alb., 15 au 20 juillet 1984.

NICHOLLS, H., RICHARD, C. et MARTIN, J.-G. 1987. Verticillium wilt of alfalfa in Québec. Can. Plant Dis. Surv. 67: 17-21.

PAPADOPOULOS, Y.A., CHRISTIE, B.R. et BOLAND, G.J. 1989. Determining alfalfa resistance and yield losses associated with Verticillium wilt infestations. Crop Sci. 29: 1513-1518.

PEADEN, R.N., GILBERT, R.G. et CHRISTEN, A.A. 1985. Control of *Verticillium albo-atrum* on alfalfa. Can. J. Plant Pathol. 7: 211-214.

PEGG, G.F. 1981. Biochemistry and physiology of pathogenesis. Pages 193-253 *dans* Fungal wilt diseases of plants. *Éditeurs*: M.E. Mace, A.A. Bell et C.H. Beckman. Academic Press, New York. 640 pp.

RAYNAL, R., GONDRAN, J., BOURNOVILLE, R. et COURTILLOT, M. 1989. Ennemis et maladies des prairies. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris. 249 pp.

RICHARD, C. et LETENDRE, M. 1987. Dépistage et répression de la verticilliose de la luzerne. La Terre de chez nous 50(26): 32.

RICHARD, C. et MICHAUD, R. 1988. Effect of Verticillium wilt on frost resistance and yield of alfalfa. Can. J. Plant Pathol. 10: 372. (Résumé).

RICHARD, C. et PERRON, M. 1987. La verticilliose de la luzerne: une maladie avec laquelle il faudra apprendre à vivre. Le Bulletin des Agriculteurs 70(2): 10-14.

SCHNATHORST, W.C. 1981. Life cycle and epidemiology of Verticillium. Pages 81-111 *dans* Fungal wilt diseases of plants. *Éditeurs*: M.E. Mace, A.A. Bell et C.H. Beckman. Academic Press, New York.

VIANDS, D.R., LOWE, C.C., VAUGHN, D.L. et BERGSTROM, G.C. 1988. Benefits of alfalfa cultivars resistant to Verticillium wilt in New York. Page 20 *dans* Report of the thirty-first North American Alfalfa Improvement Conference, Beltsville, Maryland, 19 au 23 juin 1988.

Des remerciements sont adressés à Jacques St-Cyr pour les graphiques, à Édith Thomassin et à Cacilla Tremblay pour la dactylographie.